

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-308174
(P2000-308174A)

(43) 公開日 平成12年11月2日 (2000.11.2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターム (参考)
H 0 4 R 1/28	3 1 0	H 0 4 R 1/28	3 1 0 B 5 D 0 1 2
1/02	1 0 1	1/02	1 0 1 Z 5 D 0 1 7
1/32	3 1 0	1/32	3 1 0 Z 5 D 0 1 8
9/02	1 0 2	9/02	1 0 2 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-117852

(22) 出願日 平成11年4月26日 (1999.4.26)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 田中 祥司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100095555

弁理士 池内 寛幸 (外 1 名)

Fターム (参考) 5D012 AA01 BA03 BA06 BD03 CA09

CA13 CA14 CA18 DA01 EA03

FA02 GA01 HA01

5D017 AD11 AD40

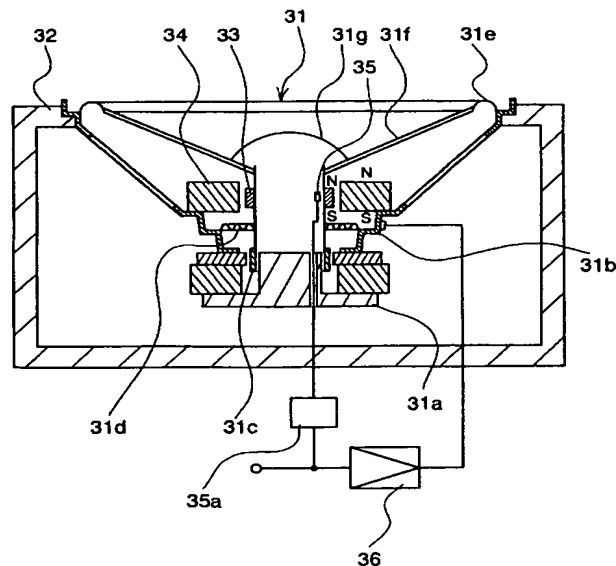
5D018 AF02 AF16

(54) 【発明の名称】 低音再生スピーカ装置

(57) 【要約】

【課題】 信頼性があり、雑音等の発生がなく、小容積のキャビネットでも低域再生能力に優れた、実用的な低音再生スピーカ装置を提供する。

【解決手段】 スピーカユニット31の振動系に取り付けた可動マグネット33と、この外周側に同軸状に配置したリング状の固定マグネット34により、振動系に対して負のスティフネスを発生させて、キャビネット32の内容積を等価的に増大させる。またスピーカユニット31の振動系の変位方向の偏りをホール素子35で検出してパワーアンプ36に帰還して、スピーカユニット31の振動系の変位方向の偏りを補正する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 スピーカユニットと、前記スピーカユニットを収納するキャビネットと、前記スピーカユニットの振動系と共に動く可動マグネットと、固定マグネットとを備え、前記可動マグネットと固定マグネットを、前記スピーカユニットの振動系に対して負のスティフネスを発生させるように構成したことを特徴とする低音再生スピーカ装置。

【請求項2】 前記固定マグネットをリング状とし、前記固定マグネットの内周側に前記可動マグネットを配置したことを特徴とする請求項1に記載の低音再生スピーカ装置。

【請求項3】 スピーカユニットの振動系の変位が最大変位に達するよりも前に、発生する負のスティフネスが減少するように前記可動マグネットと前記固定マグネットを構成したことを特徴とする請求項1又は2に記載の低音再生スピーカ装置。

【請求項4】 前記スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを検出して電気信号を発生する検出手段を備え、前記スピーカユニットを駆動するパワーアンプに前記検出手段からの電気信号を帰還して、スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを補正したことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の低音再生スピーカ装置。

【請求項5】 前記スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを検出する検出手段がホール素子を含むことを特徴とする請求項4に記載の低音再生スピーカ装置。

【請求項6】 非動作時に、前記スピーカユニットの振動系を変位方向中心位置付近に保持する手段を備えたことを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の低音再生スピーカ装置。

【請求項7】 前記固定マグネットを電磁石としたことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の低音再生スピーカ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、小型のキャビネットでありながら高い低域再生能力が得られる低音再生スピーカ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一般にスピーカの低域再生に関しては、キャビネット内容積 V と低域再生限界周波数 f_c と能率 μ との間には反比例関係があり、小型キャビネットで能率を低下させずに低い周波数まで再生することは原理的に非常に困難であることが知られている。

【0003】 そしてまたキャビネット内容積を等価的に大きくできれば、この制約から逃れて低域再生能力の向上が可能であるという概念自体も、古くからあった。しかし実際にこれを具現化する良い方法がなかったのが実状である。

【0004】 ここで、この概念を具現化するために過去提案されていた従来技術について説明する。この従来技術は米国特許第2,810,021号 (LOW FREQUENCY LOUDSPEAKER, Patented Oct. 15, 1957) に述べられているものであり、図9にこの従来の低音再生スピーカ装置の構造を示す。

【0005】 図9において、51はスピーカユニットであり、界磁部51a、フレーム51b、ボイスコイル51c、ダンパ51d、エッジ51e、振動板51fを備えている。52は密閉型のキャビネットであり、スピーカユニット51が取り付けられている。

【0006】 58は支持体でありキャビネット52に固定されている。支持体58の内周部分にはスプリング59bが配置され、レバー59cを内周方向に押している。レバー59cは支点受け溝59dで支えられている。一方スピーカユニット51のボイスコイル51cの上部にはロッド59aが取り付けられ、ロッド59aの受け溝59gとレバー59cの受け溝59eとの間には、トグルピン59fが填め込まれている。

【0007】 またロッド59aの上部には、スプリング60cで柔軟に支持された可動電気接点60aが設けられている。そして固定電気接点60bが可動電気接点60aを挟むように配置されている。これら電気接点には排気ポンプ60dと吸気ポンプ60eが接続されている。

【0008】 このように構成された従来の低音再生スピーカ装置の動作は次の通りである。スプリング59bはレバー59cを介してトグルピン59fを内周方向に押しているので、ボイスコイル51cが変位してトグルピン59fが平衡状態から外れると、トグルピン59fは変位方向へさらに倒れるようにロッド59aを押すことになる。

【0009】 ボイスコイル51cや振動板51fなどの振動系が変位すると、ダンパ51dやエッジ51eのスティフネスすなわち支持系のスティフネスと、キャビネット52の中の空気のスティフネスが、振動系を中心位置に引き戻すように働く。しかし上記の59a～59gのトグル機構が発生する力はこれとは逆方向であり、スピーカユニット51の振動系を変位方向にさらに押し出そうとするものである。

【0010】 つまり上記の59a～59gのトグル機構はスピーカユニット51の振動系に対して負のスティフネスを与えるものであり、スピーカユニット51の支持系とキャビネット52の中の空気とによるスティフネスを打ち消して減少させるので、キャビネット52の内容積が等価的に増加することになる。そしてこれにより低域再生能力が向上する。なお負スティフネスによるキャビネット内容積の等価的増大化と、低域再生能力向上の原理については、本発明の説明のところで詳しく述べることにする。

【0011】またこの負のスティフネスがスピーカユニット51の支持系のスティフネスよりも大きい場合には、スピーカユニット51の振動系が本来の変位中心位置にとどまり続けることができず（キャビネット52などから微量な空気漏れがあるので）、どちらか片方の変位方向に偏ってしまう。電気接点60a、60bとポンプ60d、60eはこれを補正するためのものである。

【0012】つまり例えばスピーカユニット51の振動系が前方に偏っていくと、可動電気接点60aが固定電気接点60bの上側と接触して、排気ポンプ60dが作動する。するとキャビネット52の中の空気が排出されてスピーカユニット51の振動系が本来の変位中心位置に引き戻される。逆に振動系が後方に偏っていくと、可動電気接点60aが固定電気接点60bの下側と接触して、吸気ポンプ60eが作動する。するとキャビネット52の中に空気が流入してスピーカユニット51の振動系が本来の変位中心位置に押し戻される。

【0013】従ってこれによって負スティフネスが大きい場合にも、スピーカユニット51の振動系の変位方向の偏りが補正される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の構成では、負スティフネス発生手段が59a～59gによる機械的なトグル機構方式であるために、スプリング59bに機械疲労が生じる（大振幅動作を長時間続けると破断に至る危険性もある）ので信頼性がない、トグルピン59gとレバー59cとの接触部分から異音や雑音が発生する、といった問題点があった。また構成部品が多いので装置が複雑になることも問題点である。

【0015】さらにまた負スティフネスが大きい場合には、振動板の変位方向の偏りを補正するためにポンプ60d、60eを必要とするので、装置が一層複雑で大掛かりになる、ポンプ60d、60eから雑音が発生する、といった問題点もあった。

【0016】つまり、キャビネット内容積を等価的に大きくして低域再生能力を向上させるという概念はあったものの、従来技術による低音再生スピーカ装置では多くの問題点があり到底実用にならなかった。

【0017】本発明は上記従来の問題点を解決するもので、信頼性が高く、雑音等の発生もなく、かつ簡便で実用的な、キャビネット内容積を等価的に大きくした低音再生スピーカ装置を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明は以下の構成とする。

【0019】即ち、本発明の低音再生スピーカ装置は、スピーカユニットと、前記スピーカユニットを収納するキャビネットと、前記スピーカユニットの振動系と共に動く可動マグネットと、固定マグネットとを備え、前記可動マグネットと固定マグネットを、前記スピーカユニ

ットの振動系に対して負のスティフネスを発生させるように構成したことを特徴とする。かかる構成によれば、信頼性が高く雑音等の発生もなくかつ簡便で実用的な低音再生スピーカ装置を実現することができる。

【0020】上記の構成において、前記固定マグネットをリング状とし、前記固定マグネットの内周側に前記可動マグネットを配置するのが好ましい。かかる好ましい構成によれば、負スティフネスの発生機構を簡単にすることができる。

10 【0021】また、上記の構成において、スピーカユニットの振動系の変位が最大変位に達するよりも前に、発生する負のスティフネスが減少するように前記可動マグネットと前記固定マグネットを構成することが好ましい。かかる好ましい構成によれば、過大入力に強い低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0022】また、上記の構成において、前記スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを検出して電気信号を発生する検出手段を備え、前記スピーカユニットを駆動するパワーアンプに前記検出手段からの電気信号を帰還して、スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを補正することが好ましい。かかる好ましい構成によれば、キャビネット内容積を等価的に極めて大きくした、さらに低域再生能力に優れた低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0023】ここで、前記スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを検出する検出手段がホール素子を含むことが好ましい。かかる好ましい構成によれば、スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りの検出手段を簡単にすることができる。

30 【0024】また、上記の構成において、非動作時に、前記スピーカユニットの振動系を変位方向中心位置付近に保持する手段を備えることが好ましい。かかる好ましい構成によれば、経時変化の少ない長寿命な低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0025】また、上記の構成において、前記固定マグネットを電磁石とすることが好ましい。かかる好ましい構成によれば、低域特性を変換することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の低音再生スピーカ装置を、具体的な実施の形態に基づいて説明する。

【0027】（実施の形態1）本実施の形態1の低音再生スピーカ装置の構造を図1に示す。図1において、界磁部1a、フレーム1b、ボイスコイル1c、ダンパ1d、エッジ1e、振動板1f、ダストキャップ1gから成るスピーカユニット1が、キャビネット2に取り付けられている。そしてボイスコイル1cにはリング状の可動マグネット3が取り付けられており、ボイスコイル1cや振動板1fやダストキャップ1g、すなわち振動系と共に動く。

50 【0028】フレーム1bにはリング状の固定マグネッ

ト4が取り付けられている。振動系が変位方向中央位置にあるときに、固定マグネット4の内側の厚み方向（振動系の変位方向）中央位置に可動マグネット3が位置するように、両マグネット3、4は同軸状に配置されている。そして可動マグネット3と固定マグネット4は厚み方向に同極性に着磁されており、互いに反発している。従って可動マグネット3と固定マグネット4は振動系が中央位置から逃げようとする力を、つまりスピーカユニット1の振動系に対して負のスティフネスを与えている。

【0029】ここで、この低音再生スピーカ装置の構成部品の材質や寸法などについて具体的に説明する。

【0030】スピーカユニット1の口径は18cmである。界磁部1aは直径70mmのフェライトマグネットを使用している。フレーム1bは口径18cmで鉄板製である。ボイスコイル1cの口径（呼び径）は19mm（実際のボイスコイルボビン部の外径は約20mm）である。エッジ1eの材質は発泡ウレタンでありアップロール形状である。振動板1fは紙の材質のコーンである。ダストキャップ1gの材質は紙である。

【0031】キャビネット2は密閉型であり内容積は10リットルと小型である。

【0032】可動マグネット3の寸法は外径28mm、内径20mm、厚み2.5mmで、材質は磁気エネルギー積が30M・G・Oe（メガガウスエルステッド）のネオジウムである。固定マグネット4の寸法は外径70mm、内径32mm、厚み15mmであり、材質はフェライトである。

【0033】以上のように構成したことにより、負のスティフネスの発生を機械的手段によらずまた何らの接触部分もなしに行えるので、機械疲労の発生や雑音等の発生がなく信頼性に優れている。また負のスティフネスの発生手段が僅か2個のマグネット3、4だけで済むので構造が簡単である。

【0034】そしてキャビネット内容積の等価的増大化効果と低域再生能力向上については、負のスティフネスの働きにより、本実施の形態においてはキャビネット2の内容積を約2倍に増大させ、最低共振周波数つまり低域再生限界周波数を96Hzから81Hzに伸張させることができた。

【0035】以下、負スティフネスによるキャビネット内容積の等価的増大化と、低域再生能力向上の原理について考察、説明する。

【0036】スピーカユニット実効振動質量をM、単体フリーエア状態での最低共振周波数をf0とすると、スピーカユニットの支持系（ダンパやエッジ）のスティフネスKsは、

【0037】

$$\text{【数1】 } K_s = M \times (2\pi f_0)^2 \quad \cdots \text{式①}$$

【0038】である。またスピーカユニットの実効振動

半径をa、空気音速をc、空気密度をρ、キャビネット内容積をVとすると、キャビネットの中の空気がスピーカユニット振動系に与えるスティフネスKcは、

【0039】

$$\text{【数2】 } K_c = \rho c^2 (\pi a)^2 / V \quad \cdots \text{式②}$$

【0040】である。そしてキャビネットに取り付けられた状態では、スピーカユニット振動系にはKs+Kcのスティフネスが働くことになる。この時の最低共振周波数をf1とすると、

10 【0041】

$$\text{【数3】 } f_1 = (K_s + K_c)^{1/2} / 2\pi M^{1/2} \quad \cdots \text{③}$$

【0042】である。

【0043】ここで負のスティフネスの大きさをKnとする。するとスピーカユニットの振動系に働くスティフネスはKs+Kc-Knとなり、これはキャビネットの中の空気のスティフネスがKcからKc-Knになったことに相当する。キャビネットの中の空気のスティフネスは式②より内容積と反比例するので、これはキャビネット内容積が1/Kcから1/(Kc-Kn)に増大することと等価である。

20 【0044】図2に、キャビネットに取り付けた状態でのスピーカユニットの振動系に働くスティフネス力（破線）と、負のスティフネス力（一点鎖線）と、これらの合計のスティフネス力（実線）の関係を示す。スティフネスとは簡単に言えばバネ定数のようなものであり、図2の各々の変位～力のカーブの傾きに相当する。つまりこのカーブの勾配が小さいほどスティフネスが小さく、振動系が動きやすくなることを意味する。

【0045】負のスティフネスが働くことにより、キャビネットに取り付けられたスピーカユニットの最低共振周波数は

30 【0046】

$$\text{【数4】 } f_1 = (K_s + K_c - K_n)^{1/2} / 2\pi M^{1/2} \quad \cdots \text{式④}$$

【0047】となるので、最低共振周波数が{(Ks+Kc-Kn)/(Ks+Kc)}^{1/2}倍に低下、つまりそれだけ低域再生限界周波数が伸張して低域再生能力が向上することとなる。

【0048】負のスティフネスの技術を用いない場合には最低共振周波数を下げるためには、実効振動質量を大きくするか実効振動面積を小さくしなければならないので能率の低下を招く。これに対して負のスティフネスを利用すれば、このようなことをせずに最低共振周波数を下げることができるので、能率を低下させることなく低域を伸張することができるわけである。

40 【0049】負のスティフネスの大きさKnを非常に大きくしていくとKn>Ksとなるが、この場合にはキャビネットに取り付けられないスピーカユニット単体の状態では、振動系は中心位置に静止することができずに即座に片方に偏ってしまう。分かりやすく言えば、スピーカユニットの支持系が負のスティフネスに負けてしまうわけである。キャビネットに取り付けた状態でも完全に空気漏れ

をなくすことはできないので、スピーカユニットの振動系は徐々に中心位置から外れて偏ってしまう。

【0050】従って負のスティフネス K_n が支持系スティフネス K_s よりも大きい場合には、振動系の偏りを補正する手段が必要となる。これに対する解決策は、本発明の他の実施の形態で説明することにする。

【0051】上で述べた原理に沿って、本実施の形態のキャビネット内容積の等価的増大化と低域再生能力向上の効果について計算説明する。

【0052】本実施の形態においてはスピーカユニット1の最低共振周波数(可動マグネット3付き)は60Hz、実効振動質量は15gである。また実効振動半径は70mmである。つまりスピーカユニットの支持系スティフネス K_s は式①より、 $K_s = 2130$ (N/m)である。キャビネット2の中の空気が与えるスティフネス K_c は式②より、 $K_c = 3290$ (N/m)である。つまり $K_s + K_c = 5420$ (N/m)である。そしてキャビネット2に取り付けた状態かつ固定マグネット4がない状態でのスピーカユニット1の最低共振周波数 f_1 は、式③より $f_1 = 96$ Hzである(実測値と同じ)。

【0053】負のスティフネス K_n を与えると最低共振周波数 f_1 は81Hzになったが、式④から逆算して $K_s + K_c - K_n = 3820$ (N/m)となるので、 $K_n = 5420 - 3820 = 1600$ (N/m)であることが分かる。従ってキャビネット2の中の空気のスティフネスが $K_c = 3290$ (N/m)から $K_c - K_n = 3290 - 1600 = 1690$ (N/m)に減少したことに相当する。キャビネット内空気のスティフネスは内容積と反比例するので、これはキャビネット2の内容積が $1/3290$ から $1/1690$ の比率で増大することと等価である。つまり本実施の形態ではキャビネット2の内容積が等価的に約2倍になっていると言える。

【0054】以上説明したように本実施の形態1によれば、信頼性に優れ、実用的、簡便な、かつ優れた低域再生能力の低音再生装置を実現できる。

【0055】なお本実施の形態1では、可動マグネット3と固定マグネット4を上記のような構成としたが、その他種々の構成が可能である。図3と図4は別の構成例の一部を示すものである。

【0056】図3のスピーカユニット11においては、ボイスコイル11cに取り付けられたリング状の可動マグネット13の内周側に、円盤状の2個の固定マグネット14a、14bが厚み方向に対称な位置に(即ち、固定マグネット14a、14bが可動マグネット13から等距離になるような位置に)配置されている。固定マグネット14a、14bは界磁部11aの上部に支持体11hにより取り付けられている。そして各マグネット13、14a、14bは厚み方向に同極性に着磁されている。固定マグネット14a、14bは可動マグネット13を中央位置から引き寄せる方向の吸引力を発生し、負

のスティフネスが発生する。

【0057】図4のスピーカユニット21においては、ボイスコイル21cに取り付けられたリング状の可動マグネット23の内周側中央に、リング状の固定マグネット24が配置されている。固定マグネット24は界磁部21aの上部に支持体21hにより取り付けられている。そしてこの例では可動マグネット23と固定マグネット24は、径方向に逆方向に着磁されている。可動マグネット23と固定マグネット24は互いに反発する力を発生し、負のスティフネスが発生する。

【0058】これらのように固定マグネットを可動マグネットの内周側に配置すれば、使用部品を小さくすることができるなどのメリットがある。一方すでに述べたように図1で示した構成ではマグネットの数が2個だけでよいので最も簡便であることに加え、固定マグネット4のサイズを大きくすることができるので非常に大きな負のスティフネスを得ることも容易にできるというメリットもある。また発生する負のスティフネスの変位〜力特性カーブが比較的にニアであるという特長もある。

【0059】なお本実施の形態1の図1では可動マグネット3と固定マグネット4を厚み方向に着磁したが、図4のように径方向に着磁することも可能である。また固定マグネット4または可動マグネット3に、鉄片プレートやヨークなどを取り付けてもよい。また本実施の形態1では可動マグネット3と固定マグネット4を円形のリング状としたが、円板形、矩形、角形リング、その他の形状としてもよい。

【0060】また本実施の形態1では、可動マグネット3をボイスコイル1cに取り付けたが、スピーカユニット1のその他の振動系の部位に取り付けてもよい。また可動マグネット3とスピーカユニット1の振動系との間には弾性体などを介在させてもよく、低域で可動マグネット3と振動系とが一緒に動けばよい。

【0061】また本実施の形態1ではスピーカユニット1を通常の動電型としたが、モータドライブ型や電磁型など、その他の電気音響変換方式のスピーカユニットに適用することができる。

【0062】また本実施の形態1ではキャビネット2を密閉型としたが、ケルトン型、バスレフ型など、その他の方式のキャビネットとすることもできる。

【0063】その他、本発明は上記説明した例に限定されるものでないことは、言うまでもない。

【0064】(実施の形態2)本発明の実施の形態2の低音再生スピーカ装置は、その構成は図1で説明した実施の形態1と全く同じである。またキャビネット内容積の等価的増大化と低域再生能力向上の効果についても同じである。異なるのは、固定マグネットの寸法と、発生する負のスティフネスの変位〜力特性カーブだけである。よって、ここでは固定マグネット4と負のスティフネスの変位〜力特性カーブ以外についての具体的な説明

を省略する。

【0065】本実施の形態2においては、固定マグネット4は、寸法が外径65mm、内径32mm、厚み10mmであり、材質はフェライトである。

【0066】この実施の形態2における負のスティフネスの変位～力特性カーブなどを図5に示す。キャビネット2に取り付けたスピーカユニット1の振動系に加わるスティフネス力の、つまりスピーカユニット1の支持系のスティフネスとキャビネット2の中の空気のスティフネスを足したものの変位～力特性カーブを、図中破線で示している。このスピーカユニット1の最大振幅は約±8mmであり、変位が8mm近くになると支持系がつっぱりを生じるので変位～力特性カーブの傾きが大きくなっている。

【0067】図中の一点鎖線は、発生する負のスティフネスの変位～力特性カーブを示している。このカーブの直線部の勾配は8(N)/5(mm)つまり1600(N/m)であり、第1の実施の形態で計算説明した値と同じである。なお固定マグネット4の外径は第1の実施の形態よりも小さいが発生する負のスティフネスは同じであった。これは実験の結果分かったことであるが、この構成の場合、発生する負のスティフネスは固定マグネットの外径が大きいほど大きい、厚みについては薄い方が発生する負のスティフネスが大きくなる傾向にあることに起因している。

【0068】そして図中一点鎖線の負のスティフネスの変位～力特性カーブは、±5mm付近がピークでありこれを越えると発生する負のスティフネス力が減少している。この±5mmとはちょうど固定マグネット4の厚みの半分に相当し、固定マグネット4の厚みにほぼ比例してこのピークの変位が決まる。

【0069】そして図中の実線は、負のスティフネスを発生させた時の（つまり合計の）スピーカユニット1の振動系に働くスティフネスの変位～力特性カーブを示す。±5mm付近を越えるとスティフネスが増大するカーブが得られている。つまりスピーカユニット1の振動系の変位が最大変位に達するよりも前に、発生する負のスティフネスが減少するように可動マグネット3と固定マグネット4を構成したことにより、スピーカユニット1の振動系の最大変位よりも小さい変位領域からスティフネスを増加させることができる。

【0070】従って、スピーカユニット1の振動系には最大振幅に達する前にブレーキがかかるので、過大入力スピーカユニット1に加わった場合に支持系が急激なつっぱりを生じることがなく、過大入力に対して耐久性のある低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0071】なお、本発明は上記説明した例に限定されるものでないことは、言うまでもない。

【0072】（実施の形態3）本発明の実施の形態3の低音再生スピーカ装置の構成について図6により説明す

る。

【0073】本実施の形態3のスピーカユニット31（31a～31g）とキャビネット32は、図1で説明した実施の形態1のスピーカユニット1（1a～1g）とキャビネット2にそれぞれ対応し、両者は全く同じであるので、ここではこれらについての具体的な説明を省略する。

【0074】本実施の形態3では、可動マグネット33は、寸法が外径28mm、内径20mm、厚み3mmで、材質は磁気エネルギー積が45M・G・Oe（メガガウスエルステッド）の強力なネオジウムである。固定マグネット34は、寸法が外径75mm、内径32mm、厚み15mmであり、材質はフェライトである。可動マグネット33と固定マグネット34は厚み方向に同極性に着磁されており、互いに反発している。これにより本実施の形態3において発生する負のスティフネスは2800(N/m)であり、スピーカユニット31の支持系のスティフネス2130(N/m)を上回る大きな値となっている。

【0075】そして本実施の形態3では、スピーカユニット31の振動系の変位方向の偏りを検出して電気信号を発生する手段35、35aを備え、スピーカユニット31を駆動するパワーアンプ36にこの検出手段からの電気信号を帰還して、スピーカユニット31の振動系の変位方向の偏りを補正する構成としている。

【0076】この手段35、35aを具体的に説明すると、35はホール素子であり可動マグネット33の厚み方向中心の近傍に垂直方向に配置されている。35aはホール素子からの出力信号をパワーアンプ36に帰還する帰還回路である。

【0077】ホール素子35は、可動マグネット33が内周側へ水平方向に発生している磁束ベクトルに応じて、出力信号を発生する。可動マグネット33のN極とS極の厚み方向の中央位置においては、水平方向の磁束ベクトルはゼロになる。従って可動マグネット33の厚み方向中心位置とホール素子35の垂直方向中心位置が一致している場合には、ホール素子35を水平に通過する磁束がゼロであるので信号は出ない。

【0078】可動マグネット33がどちらかに変位した場合には、ホール素子35の位置で磁束分布が非対称となり（簡単に言えばN極側またはS極側のどちらかがホール素子35に近づくので）、水平方向の磁束ベクトルが発生する。この時にはホール素子35から信号が発生される。言うまでもなく例えばN極側が近づいた時にホール素子35がプラスの信号を発生するならば、S極側が近づいた時には磁束ベクトルの方向が逆になるのでホール素子35はマイナスの信号を発生する。

【0079】スピーカユニット31の振動系に変位方向の偏りがない場合には、低音の交流電力がスピーカユニット31に加わった時にホール素子35が発生する電気

信号はゼロレベルに対してプラス側信号とマイナス側信号が対称になり、これを積分すれば信号はゼロになる。ところが振動系に偏りを発生した場合には、プラス側信号またはマイナス側信号のいずれかのレベルが大きくなる（つまりバイアスが生じる）ので、積分しても信号が発生することとなる。

【0080】そして本実施の形態3は、例えばスピーカユニット31の振動系が一方に偏りはじめると、これを逆方向に戻す、つまり本来の変位中心位置に戻す方向の電流がパワーアンプ36からスピーカユニット31に出力されるように、ホール素子35と帰還回路35aを構成している。

【0081】図7に本実施の形態3の検出手段35、35aの回路図を示す。ホール素子（HE）35の端子1、3は駆動用電流端子である。端子2、4は出力用端子であり、この両端に検出電圧が発生する。Cは積分コンデンサであり、OP（オペアンプ）の増幅ゲインは周波数が高くなるに従い減衰する。これによりスピーカユニット31の振動系の偏りの動きに相当する超低周波成分信号に対してだけ、帰還がかかる。つまり音楽などの低音の数Hz以上の振動系の動きに対しては帰還が発生しないので、低音に悪影響を及ぼすことはない。VRはオフセット調整用ポリウムであり、スピーカユニット31の振動系が中心位置にある時に検出電圧をゼロにするなどの調整ができる。

【0082】この検出と帰還により本実施の形態3の低音再生スピーカ装置は、発生する負のスティフネスがスピーカユニット31の支持系のスティフネスを上回っていても安定に動作し、キャビネット32の内容積を等価的に6、8倍にも増大させ、最低共振周波数つまり低域再生限界周波数を96Hzから67Hzへと大幅に伸張させることができた。

【0083】以上説明したように本実施の形態3によれば、キャビネット内容積を等価的に極めて大きくし、さらに低域再生能力に優れた低音再生スピーカ装置を実現できる。また本実施の形態3では検出手段としてホール素子35を用いたので、検出手段の構成が簡単にできる。

【0084】なお本実施の形態3では検出手段としてホール素子35を用いたが、例えばCDSやフォトダイオード、フォトランジスタなどを検出素子とする光学的方式、その他の方式としてもよい。またホール素子35の代わりにホールICを用いれば帰還回路を省略することもできる。

【0085】またホール素子35は可動マグネット33の磁束を検出するようにしたが、可動マグネット33とは別に小型マグネットを振動系に取り付けて、この磁束を検出するようにしてもよい。

【0086】なお、本発明は上記説明した例に限定されるものでないことは、言うまでもない。

【0087】（実施の形態4）本発明の実施の形態4の低音再生スピーカ装置の構成について図8により説明する。

【0088】本実施の形態4のスピーカユニット41（41a～41g）、キャビネット42、可動マグネット43、固定マグネット44、検出手段としてのホール素子45、帰還回路45aは、図6、7で説明した実施の形態3のスピーカユニット31（31a～31g）、キャビネット32、可動マグネット33、固定マグネット34、検出手段としてのホール素子35、帰還回路35aにそれぞれ対応し、両者は全く同じであるので、ここではこれらについての具体的な説明を省略する。

【0089】本実施の形態4では、低音再生スピーカ装置の非動作時、つまり例えばパワーアンプ46の電源をオフした場合などに、スピーカユニット41の振動系を変位方向中心位置付近に保持する手段（振動系保持手段）47を備えた構成としている。

【0090】これを詳しく説明する。47aはブランジャであり、本実施の形態4ではスピーカユニット41を駆動するパワーアンプ46を用いて電源供給している。47bはスピーカユニット41のボイスコイル41cに取り付けられたロッドであり、材質は樹脂である。

【0091】ロッド47bにはブランジャ47aのアームに嵌合する孔が設けられており、ブランジャ47aが非通電状態のときにロッド47bをロックしている。ブランジャ47aが通電状態になると瞬時にアームが吸引されてロッド47bから外れる。

【0092】従って本実施の形態4では、低音再生スピーカ装置の非動作時にスピーカユニット41の振動系が変位方向中心位置付近に保持され、片側に偏って長時間経過することがない。このためエッジ41eやダンパ41dにかかるストレスを小さくできるので、経時変化の少ない長寿命な低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0093】なお、本発明は上記説明した例に限定されるものでないことは、言うまでもない。

【0094】（実施の形態5）本発明の実施の形態5の低音再生スピーカ装置は、上記に説明した各実施の形態における固定マグネットを電磁石としたものである。この構成とすることにより、電磁石に流す電流を増減して発生する負のスティフネスを増減できるので、低音再生スピーカ装置の最低共振周波数を可変できる。また低音再生スピーカ装置の非動作時に固定マグネット電磁石の通電をオフにすることができ、非動作時に負スティフネスの発生を止めることもできるので、経時変化の少ない長寿命な低音再生スピーカ装置も実現できる。

【0095】なお、この固定マグネットの電磁石を超伝導磁石とすることもできる。

【0096】その他、本発明は上記説明した例に限定されるものでないことは、言うまでもない。

【0097】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1記載の低音再生スピーカ装置によれば、スピーカユニットと、前記スピーカユニットを収納するキャビネットと、前記スピーカユニットの振動系と共に動く可動マグネットと、固定マグネットとを備え、前記可動マグネットと固定マグネットを、前記スピーカユニットの振動系に対して負のスティフネスを発生させるように構成したことにより、負のスティフネスの発生を機械的手段によらずまた何らの接触部分もなしに行えるので、機械疲労の発生や雑音等の発生がない。従って信頼性に優れた実用的な低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0098】本発明の請求項2記載の低音再生スピーカ装置によれば、前記固定マグネットをリング状とし、前記固定マグネットの内周側に前記可動マグネットを配置したことにより、負のスティフネスを発生させるためのマグネットが2個だけでよいので構造が簡単であり、また固定マグネットのサイズを大きくすることができるので非常に大きな負のスティフネスを得ることも容易にできる。また発生する負のスティフネスの変位～力特性カーブがリニアである。従って簡便で性能の非常に優れた低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0099】本発明の請求項3記載の発明によれば、スピーカユニットの振動系の変位が最大変位に達するよりも前に、発生する負のスティフネスが減少するように前記可動マグネットと前記固定マグネットを構成したことにより、スピーカユニットの振動系には最大振幅に達する前にブレーキがかかるので、過大入力スピーカユニットに加わった場合に支持系が急激なつばりを生じることがなく、過大入力に対して耐久性のある低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0100】本発明の請求項4記載の発明によれば、前記スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを検出して電気信号を発生する検出手段を備え、前記スピーカユニットを駆動するパワーアンプに前記検出手段からの電気信号を帰還して、スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを補正したことにより、発生する負のスティフネスがスピーカユニットの支持系のスティフネスを上回っても安定に動作するので、キャビネットの内容積を等価的に極めて大きくした、一層低域再生能力に優れた低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0101】本発明の請求項5記載の発明によれば、前記スピーカユニットの振動系の変位方向の偏りを検出する検出手段がホール素子を含むことにより、検出手段の構成を簡単にした低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0102】本発明の請求項6記載の発明によれば、非動作時に、前記スピーカユニットの振動系を変位方向中心位置付近に保持する手段を備えたことにより、非動作時にスピーカユニットの振動系が片側に偏って長時間経過することがないので、エッジやダンパにかかるストレスを小さくできる。従って経時変化の少ない長寿命な低

音再生スピーカ装置を実現できる。

【0103】本発明の請求項7記載の発明によれば、前記固定マグネットを電磁石としたことにより、電磁石に流す電流を増減して発生する負のスティフネスを増減できる。従って最低共振周波数が可変できる低音再生スピーカ装置も実現できる。また、非動作時に電磁石の通電をオフにすることにより、負スティフネスの発生を止めることができるので、経時変化の少ない長寿命な低音再生スピーカ装置を実現できる。

【0104】以上のように、本発明は極めて大きな実用的価値をもつものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の低音再生スピーカ装置の構造を示した断面図

【図2】本発明の低音再生スピーカ装置の低域再生能力が向上する原理を示すスティフネスの変位～力特性カーブ図

【図3】本発明の実施の形態1の別の構成を有する低音再生スピーカ装置の可動マグネットと固定マグネット部分の構成を示した断面図

【図4】本発明の実施の形態1のさらに別の構成を有する低音再生スピーカ装置の可動マグネットと固定マグネット部分の構成を示した断面図

【図5】本発明の実施の形態2の低音再生スピーカ装置のスティフネスの変位～力特性カーブ図

【図6】本発明の実施の形態3の低音再生スピーカ装置の構成を示した断面図

【図7】本発明の実施の形態3の検出手段の回路図

【図8】本発明の実施の形態4の低音再生スピーカ装置の構成を示した断面図

【図9】従来の低音再生スピーカ装置の構造を示した断面図

【符号の説明】

1, 11, 21, 31, 41	スピーカユニット
1a, 11a, 21a, 31a, 41a	界磁部
1b, 31b, 41b	フレーム
1c, 11c, 21c, 31c, 41c	ボイスコイル
1d, 31d, 41d	ダンパ
1e, 31e, 41e	エッジ
1f, 31f, 41f	振動板
1g, 31g, 41g	ダストキャップ
2, 32, 42	キャビネット
3, 13, 23, 33, 43	可動マグネット
4, 14a, 14b, 24, 34, 44	固定マグネット
35, 45	ホール素子
35a, 45a	帰還回路

15

16

36, 46

パワーアンプ

47a

プランジャ

47

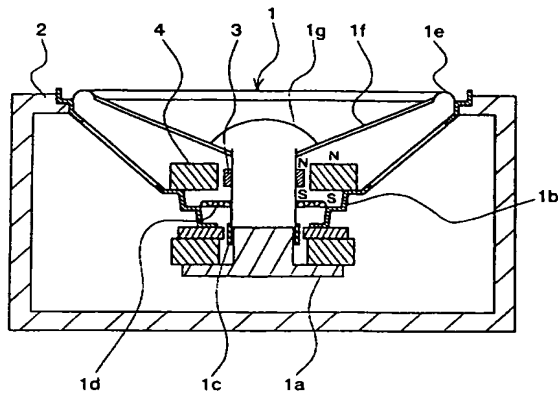
振動系保持手

47b

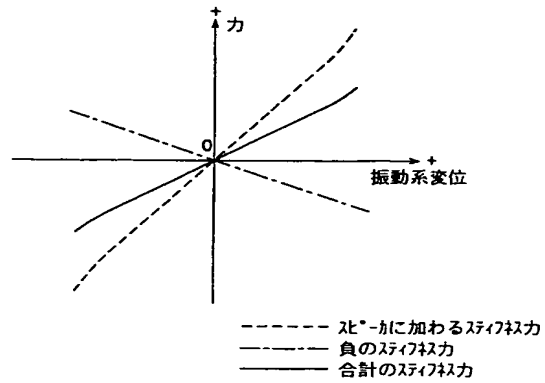
ロッド

段

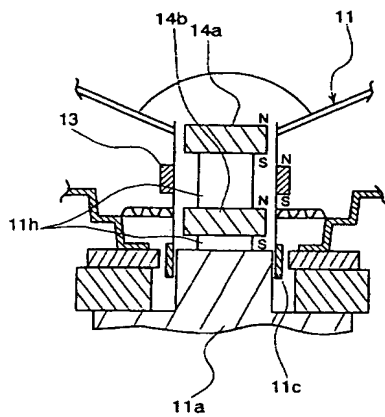
【図1】



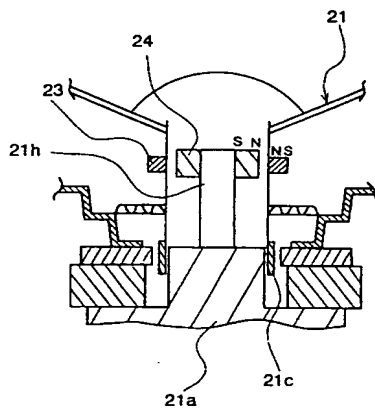
【図2】



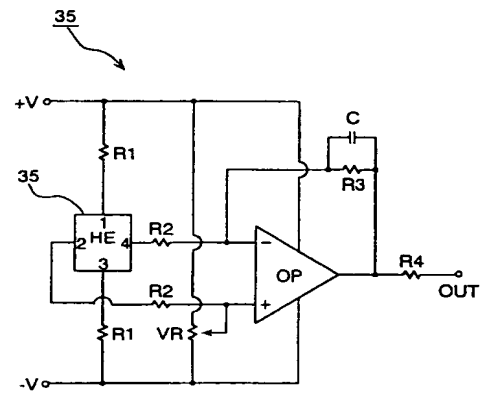
【図3】



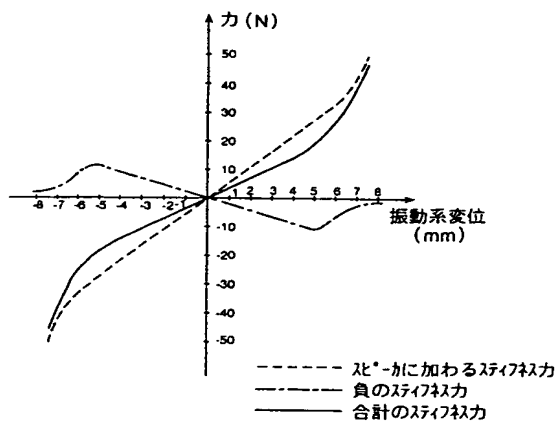
【図4】



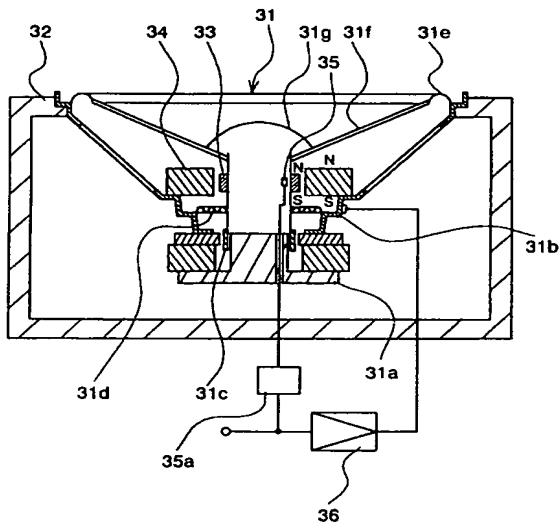
【図7】



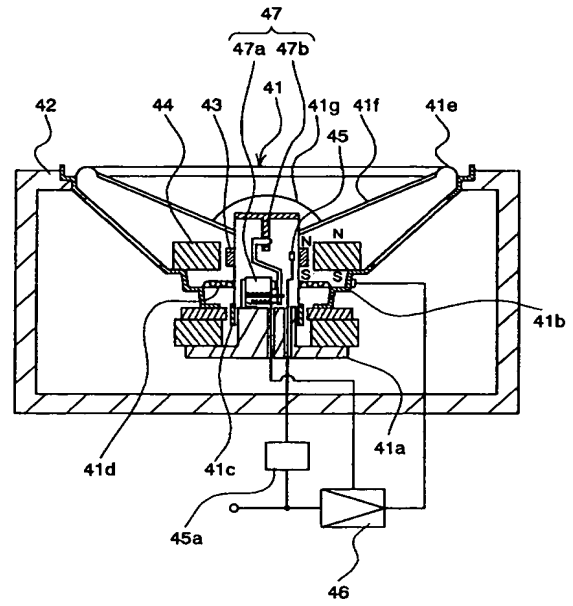
【図5】



【図6】



【図8】



【図9】

